

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11392

研究課題名（和文）慣性センサによるスプリント走の分析手法に関する研究

研究課題名（英文）Research on analysis method of sprint running using inertial sensors

研究代表者

和田 智仁（Wada, Tomohito）

鹿屋体育大学・スポーツ人文・応用社会科学系・教授

研究者番号：70325819

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：慣性センサを用いたスプリント走の動作分析手法の開発を試みた。慣性センサを使った走動作の指標抽出に関しては時間的なものや姿勢に関するものについては一定の精度による推定が可能であったが、空間的な情報については精度よく推定することが困難であり、何らかの補正を行う必要性があった。200m走においては曲走路での位置推定誤差が大きくなったことから、体幹の内傾動作の影響が示唆された。ハードル走ではハードリング動作を抽出することで走速度の補正が可能と考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

慣性センサなどの安価で簡便に装着できるウェアラブルセンサのスポーツ現場での活用が期待されている。走動作はあらゆるスポーツにおいて行われる基本的な動作であることからその分析へのニーズは大きい。走動作分析においては、特に速度が高くなるスプリント走において走パラメータの推定が困難となる。加速度の積分を用いた速度・位置の算出においては積分誤差が大きくなることから推定精度を向上させる手法の開発が待たれている。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop a method for analyzing sprint running behavior using inertial sensors. The method was able to estimate the temporal and posture of running motion using inertial sensors with a certain accuracy, but it was difficult to estimate spatial information accurately, and some compensation was necessary. In the 200m run, the spatial estimation error was larger on the curved running track, suggesting the influence of the trunk's inward leaning motion. In the hurdle run, it is possible that the running speed could be compensated by extracting the hurdling jump motion.

研究分野：スポーツ工学

キーワード：慣性センサ 位置速度推定 スポーツ動作分析

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

走動作は、あらゆるスポーツにおいて行われる基本的な動作である。スプリント走は最大疾走速度を目指す走動作であり、これまでも様々な分析や考察が行われ数多くの知見が得られている。一方、近年では小型軽量で装着が容易な慣性センサが利用可能となり、スポーツ活動の計測に用いられるようになった。従来のバイオメカニクス的研究で用いられているフォースプレートやモーションキャプチャといった計測機器とウェアラブルなセンサとを比較すると、研究室などの実験環境ではなく、実際の競技と同じ環境での測定が可能であるという点が最大のメリットと考えられる。

慣性センサを用いた走動作分析に関する研究としては、センサから得られたデータをリファレンスとなる測定機器から得たデータと比較し、その測定手法の妥当性と信頼性を評価したものが多く存在する。しかしながら、これらの先行研究では測定項目(運動学的、運動力学的)をはじめ、センサの装着位置や装着方法、重量・形状といった慣性センサの特性など、様々な種別が存在する。このため慣性センサを用いたスプリント走動作の計測に関して、未だに明確な指針や手法が示されているとは言えず、詳細な研究が期待されている。近年では複数のセンサ値から新たな情報を取得する「センサフュージョン」技術が提案されており、これによりセンサ姿勢の変化が計測できるとされている。姿勢の推移に関する情報は走動作の分析に非常に有用であると考えられるが、これに関する先行研究も少ない状況である。

陸上競技に限らずチームスポーツを含む多くのスポーツにおいて走能力の向上は競技力に直結する重要な要素となりうる。走能力の向上を目指すには、動作の分析と分析結果に基づく修正が必要である。走動作の分析に際し、慣性センサのように入手しやすい機器を使ったデータが取得できれば、動作の定量的な分析がより身近に行えるようになる。現在では、スマートフォンや腕時計などにも慣性センサは内蔵されており、これらのセンサが分析に応用できる可能性もある。しかしながら、一般に慣性センサで得られる時系列データは理解が難しく、またノイズ成分が多く含まれるといった問題も有している。

### 2. 研究の目的

スプリント走のパフォーマンス向上を目指した動作分析およびそのフィードバックのため、慣性センサを用いた測定がどのように実施可能であるのか、またスプリント走能力の向上に資する指標をどのように抽出できるか、フォースプレートやGNSSなど参照基準となるデータとの比較を行いつつ、それらの特性を明らかにすることを本研究の目的とした。

### 3. 研究の方法

パフォーマンス向上を目的としたスプリント走の動作分析のために、慣性センサで測定・分析可能となるのはどのような項目となるか、先行研究の調査を行いつつ、スプリント走競技者や指導者の意見を踏まえ検討を行う。次に、各種の条件を設定した慣性センサによるスプリント走の計測実験を行い、各種の条件が走動作分析へ及ぼす影響を調査する。計測実験に際しては、センサの装着場所と装着方法、センササイズや重量、データの測定周波数などの影響を調査する。実験では50mフォースプレートシステムやGNSS等の測定システムを用い、これらから得られた値を参照値とした比較を行う。これらの分析の結果から、スプリント走測定手法を検討する。

### 4. 研究成果

本研究では、まず選手の腰部(S1)に9軸慣性センサを装着し、全力でのスプリント走を実施した際のデータを取得した。センサは皮膚に両面テープで貼付し、さらに伸縮性テープにて固定した。参照値を得るため、測定では同時にフォースプレートシステムやGNSS装置を用いた。センサの装着位置に腰部を選択した理由としては、装着が容易であること、腰部は身体重心に近くスプリント時の並進挙動を推定しやすいと考えたこと、また先行研究からも比較的精度よく時空間的パラメータを推定できることが報告されていたこと、などであった。予備実験や先行研究からは、慣性センサでは走動作における足部の接地や離地などの時間的なパラメータの抽出は精度よく行えることが予想されたため、本研究では空間的なパラメータの抽出を試みた。ここでの空間的パラメータとは位置情報であり、時系列的な位置の取得により移動距離や走速度、ストライドといった指標の推定が可能となる。図1,2に例として50m直線走において、フォースプレートシステムと同時に取得された慣性センサデータを示す。なお、図中の加速度データについては実空間座標系に変換し、鉛直方向および進行方向成分を抽出したものを示している。

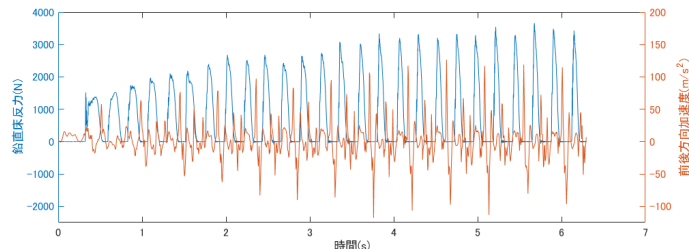


図1 フォースプレート鉛直方向床反力と慣性センサ前後方向加速度

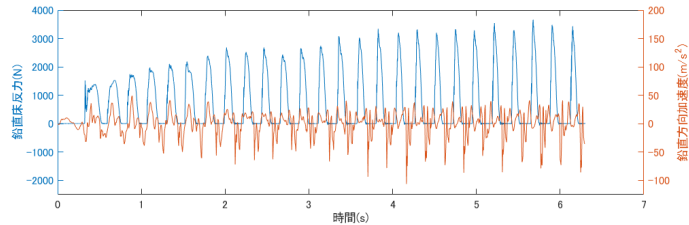


図2 フォースプレート鉛直方向床反力と慣性センサ鉛直方向加速度

論理的には慣性センサから得られた加速度を積分することでセンサの移動速度を、さらにそれを積分することで移動距離の推定が可能である。しかし実際には、積分誤差が累積していくことから空間的パラメータの推定は難しいとされている。図3はフォースプレートシステムの圧力中心位置から求めた走速度の推移と慣性センサ進行方向加速度の積分値を求めた例を示したものである。ここでは慣性センサの角速度と加速度のデータを用いセンサフュージョンによりセンサ姿勢を求め、加速度データを実空間座標系へ変換している。これによってフォースプレートシステムから得られた走速度に類似した速度曲線を得ることができることが確認できたが、参照データと比較すると差異が大きく、さらなる補正の必要性が確認された。

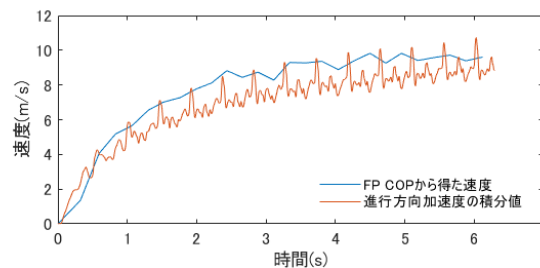


図3 フォースプレートから求めた速度と慣性センサ進行方向加速度積分値の比較

屋外競技場において、同様に200mスプリント走の測定を実施した。直線走と同じ方法で進行方向の加速度を積分し移動速度を求めた。200m走では曲走路が含まれるため、走行方向が刻々と変化する。走者は一歩ごとに骨盤の回旋動作を繰り返しながら走行していることから、走行方向についてはセンサ姿勢から得たヨー角の推移を平滑化し推定した。しかし、200mの速度推定は、直線に比べてさらに低い精度となった。特に、曲走路区間において推定走速度が大きく異なっており、曲走路に特有の体幹の内傾が影響していることが考えられた。なお、屋外競技場においてはcm級GNSS測位装置を用いることで位置と速度の高精度測位を行うことができた(図4)。現時点では曲走路における実効的な速度推定には至っていない。

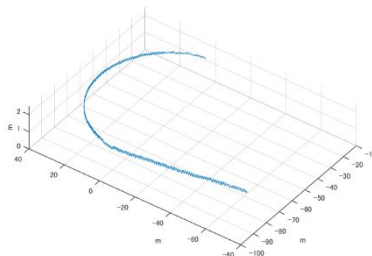


図4 200m 走路での cm 級 GNSS 測位装置による測定例

本研究においては、慣性センサによるスプリント走の分析を目指し、特に空間的パラメータの推定に関して研究を行ったが、現在までに期待された成果を得ることができていない。スプリント走を含む競技としてはハードル走が挙げられるが、ハードル走においては既知の場所でハードルを越えるための跳躍動作が含まれることからこの情報を用いることで推定精度を上げることができると考えており、現在分析を進めている。また、時間的パラメータと姿勢に関する推定については、一定の分析が行えるようになっており、その他のスポーツ活動の分析の応用を実施できた。今後も慣性センサを用いたスポーツ活動の分析に関する研究を継続して実施したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kadi Tomoya, Wada Tomohito, Narita Kenzo, Tsunokawa Takaaki, Mankyu Hirotooshi, Tamaki Hiroyuki, Ogita Futoshi	4. 巻 22
2. 論文標題 Novel Method for Estimating Propulsive Force Generated by Swimmers' Hands Using Inertial Measurement Units and Pressure Sensors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 6695 ~ 6695
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s22176695	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Sam Gleadhill, Nobumitsu Yuki, TomohitoWada, Ryu Nagahara	4. 巻 126
2. 論文標題 Kinetic and kinematic characteristics of sprint running with a weighted vest	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanics	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jbiomech.2021.110655	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 和田智仁, 福永誠之助, 本嶋良恵	4. 巻 3
2. 論文標題 クラウチングスタートにおける腕振りに関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 スポーツパフォーマンス研究センター令和2年度報告書	6. 最初と最後の頁 21-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 沼田薫樹, 濱田幸二, 和田智仁, 坂中美郷
2. 発表標題 慣性センサを用いた異なるブロックステップにおける跳躍高の実践的研究
3. 学会等名 第8回 日本スポーツパフォーマンス学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 沼田薫樹, 濱田幸二, 和田智仁, 田中響, 坂中美郷
2. 発表標題 大学女子バレーボール選手における慣性センサを用いたトレーニング負荷：量と運動強度の関係
3. 学会等名 第9回日本スポーツパフォーマンス学会大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	永原 隆 (Nagahara Ryu)  (80755372)	鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・准教授  (17702)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------